

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних  
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри

\_\_\_\_\_  
підпис, дата

**Кваліфікаційна робота бакалавра**  
**зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"**  
**освітня програма " Обладнання нафто- та газопереробних**  
**виробництв "**

Тема роботи: Установка осушування природного газу,  
розробити десорбційну колону

Виконав:  
студент групи ХМ-61/2НГ  
Коноплянников Максим Віталійович

\_\_\_\_\_  
підпис

Залікова книжка  
№ 16510020  
Кваліфікаційна робота бакалавра  
захищена на засіданні ЕК

Керівник:  
докт. техн.наук, професор

з оцінкою \_\_\_\_\_ **Ляпощенко Олександр Олександрович**

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р. \_\_\_\_\_  
підпис, дата

**Підпис голови**  
(заступника голови) комісії

СУМИ 2020

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв**

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"  
Освітня програма " Обладнання нафто- та газопереробних виробництв "

Курс 4      Група ХМ-61/2НГ      Семестр 8

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студент Коноплянников Максим Віталійович

1 Тема проекту: Установка осушування природного газу

2 Вихідні дані: Розробити десорбційну колону. Витрата насиченого ДЕГа: 200 кг / год; Тиск вакуум – 2,5 МПа; склад отдувочного газу, мол.долі:  $\text{CH}_4 = 0,9$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,029$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,033$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,038$ ;

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- |  |            |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема ректифікаційної установки</u> | – 0,5 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u>                 | – 1,5 арк. |
| 3. <u>Складальні креслення вузлів</u>                  | – 1,0 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.;

2. Дитнерській Ю. І. Основні процеси і апарати хімічної технології. Посібник з проектування. / Ю. І. Дитнерській. Москва, Хімія, 1983, 272 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	х				
2 Технологічна частина		хх			
3 Проектно-конструкторська частина			хх		
4 Розробка креслень				хх	
5 Оформлення записки					х
6 Захист роботи					х

6 Дата видачі завдання

березень 2020 р.

Керівник \_\_\_\_\_  
підпис

д.т.н. проф. Ляпощенко О.О.

## **РЕФЕРАТ**

**Пояснювальна записка:** 54 с., 11 рис., 8 табл., 2 додатка, 14 літературних джерел.

**Графічні матеріали:** технологічна схема установки, складальне креслення апарату, складальне креслення явузла 2 листи, - всього 4 аркуша формату A2/3, A1, A1, A2

**Тема проекту:** «Установка осушування природного газу, розробити десорбційну колону».

Наведено теоретичні основи і особливості процесу регенерації гліколю, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, проведені розрахунки на міцність апарату, обґрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарату.

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи запроектованого апарату.

Наведено відомості щодо проведення монтажу і ремонту розробленого апарату.

У розділі «Охорона праці» наведено аналіз небезпеки ураження людини в існуючих електричних мережах.

**Ключові слова:** АПАРАТ, УСТАНОВКА, МІЦНІСТЬ, ДІЕТИЛЕНГЛІКОЛЬ, РОЗРАХУНОК.

## ЗМІСТ

Введення .....	4
1. Технологічна частина .....	5
1.1 Опис технологічної схеми установки .....	5
1.2 Теоретичні основи процесу .....	8
1.3 Опис об'єкта розробки, вибір матеріалів в об'єкті розробки .....	9
2. Технологічні розрахунки процесу і апарату .....	12
2.1 Технологічний розрахунок апарату .....	12
2.2 Матеріальний баланс десорбера .....	12
2.3 Теплові баланси і розрахунки .....	21
2.4 Конструктивні розрахунки апарату .....	28
2.4.1 Число теоретичних тарілок .....	28
2.4.2 Діаметр апарату .....	28
2.4.3 Висота десорбера .....	29
2.4.4 Діаметр штуцерів .....	31
2.5 Визначення гідравлічного опору апарату .....	31
3. Розрахунки на міцність апарату .....	34
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу .....	34
3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища .....	36
3.3 Розрахунок і вибір опори .....	37
3.4 Розрахунок колони на вітрове навантаження .....	39
4. Організація монтажних та ремонтних робіт .....	42
4.1 Опис монтажу апарату .....	42
4.2 Опис ремонтних робіт апарату .....	43
5. Охорона праці .....	46
Список літератури .....	
Додаток А – Специфікації до креслень .....	
Додаток Б – Розрахунок фланцевого з'єднання .....	

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Коноплянни				Десорбер Пояснювальна записка	Л	Лист	Л
Провер.	Ляпощенко						54	
Реценз.						СумГУ гр.ХМ-61/2НГ		
Н. Контр.								
Утверд.								

## Введення

Актуальність роботи. У газовій промисловості найбільш широко поширений контактено-регенеративний спосіб осушення газу абсорбентом (гліколем). Цей процес полягає в поглинанні вологи гліколем, десорбції і рециркуляції регенованого гліколю. Глибина осушки газу в значній мірі залежить від залишкової концентрації води в гліколи на виході з десорбера.

У надрах емних пластів вуглеводневі гази (природний, попутний) насичені водяними парами до рівноважного стану. Кількість водяної пари залежить від умов в пласті, а також від складу газу. Присутність парів води в газі негативно позначається на апаратах і комунікаціях установок переробки і транспорту газу внаслідок освіти в них гідратів, щоб уникнути цього явища, обов'язковою умовою підготовки газу до транспортування магістральними газопроводами служить процес осушки газу.

Важливою вимогою до палива на стиснутому природному газі є низька точка роси по воді. Якщо точка роси по воді за умов подачі перевищує мінімальну температуру навколишнього середовища, то необхідно встановити обладнання для осушення газу. Вибір обладнання визначається виходячи з вимог замовника і робочих умов. Для досягнення дуже низької точки роси по воді для широкого діапазону робочого тиску, рекомендується використання установки по осушки природного газу с регенерацією тепла.

Регенерація гліколю. Для отримання концентрованих розчинів гліколю, що застосовуються для осушення газу, необхідно розрахувати процес регенерації. Будь-апарат для регенерації гліколю по суті є отпарной колоною. Пари, що виходять з кип'ятильника цієї колони, складаються майже виключно з води. Рідина, що знаходиться вище точки введення сировини, завжди є водою. Щоб не було втрат гліколю, величина конденсації пари в цій частині колони повинна бути досить високою.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

# 1. Технологічна частина

## 1.1 Опис технологічної схеми установки

Система осушки газу і регенерації гліколю призначена для осушення технологічного газу перед подачею споживачеві в газопровід високого тиску з метою запобігання процесу гідратоутворення.

До складу системи осушення газу та регенерації входять:

- абсорбер;
- блок регенерації;
- блок насосів гліколю;
- блок розділових ємностей;
- ємність чистого ДЕГа;
- ємність дренажна ДЕГа;
- Теплообмінник охолодження регенованого ДЕГа і парогазової суміші;
- система трубопроводів з арматурою і запобіжними пристроями;
- прилади автоматики і контролю.

Нафтовий газ другого ступеня компримування надходить на установку осушки газу під «глуху» тарілку абсорбера А-1. Абсорбер - апарату колонного типу, в якому встановлено 6 сітчатих тарілок. У верхній і нижній сепараційній частині абсорбера вмонтовані відбійники, призначені для уловлювання вуглеводневого конденсату і протидії уносу ДЕГа потоком газу.

На верхню тарілку абсорбера А-1 подається свіжий (регенерований) абсорбент - діетиленгліколь. Подача ДЕГа відбувається за допомогою насосів. ДЕГ контактує на тарілках з газом, насичується вологою і збирається на глухій тарілці абсорбера. Рівень насиченого ДЕГа на глухій тарілці підтримується постійним, не допускаючи пропуску газу в систему регенерації.

Осушений газ з абсорбера А-1 надходить в сепаратор С-1, де додатково відокремлюється ДЕГ і газовий конденсат. ДЕГ з С-1 в міру заповнення відводиться в ємність-вивітрювач Е-3. Газ після сепаратора С-1 направляється на прийом газомотокомпресора на третю сходинку компримування, насичений ДЕГ з глухої тарілки абсорбера А-1 власним тиском надходить в теплообмінник Т-1/1 і Т-1/2

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Схемою передбачено подача насиченого ДЕГа повз десорбера Д-1 в Т-1 / 1-2. В теплообміннику насичений ДЕГ нагрівається за рахунок теплообміну з потоком регенованого ДЕГа до температури 80-100°C і направляється в проміжну ємність-вивітрювач Е-3. У цій ємності частина абсорбованих вуглеців за рахунок зниження тиску і підвищення температури виділяється в газоподібному стані і скидаються на факел.

Дегазований насичений вологою ДЕГ з ємності Е-3 під власним тиском надходить на регенерацію в десорбер К-2. Десорбер обладнаний випарником І-1, через трубний пучок якого циркулює теплоносій - гас ТС-1 з температурою 250°C. У міжтрубному просторі випарника рівень ДЕГа підтримується постійним. У колоні Д-1 волога і залишки вуглеводнів відстаються. Відганяти пари і вуглеводневі гази зверху колони Д-1 надходять в міжтрубний простір водяних конденсаторів Х-1/1-2, де охолоджуються до температури 30-35 °С, а вода конденсується. Водяний конденсат і вуглеводні з конденсаторів Х-1/1-2 надходять в проміжну ємність Е-2, де відбувається розділення повітря і вуглеводневого конденсату.

Вода з ємності Е-2 спускається в каналізацію, а бензинові фракції, що збиралися, перетікають по трубопроводу в ємність Е-2а, де додатково відстоюється вода, а зневоднена бензинова фракція відводиться на АГФУ.

Регенований ДЕГ з випарника Б-1 через теплообмінник Х1/1-2 забирається насосами Н-1/1-3 і подається в абсорбер Д-1 і цикл повторюється.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

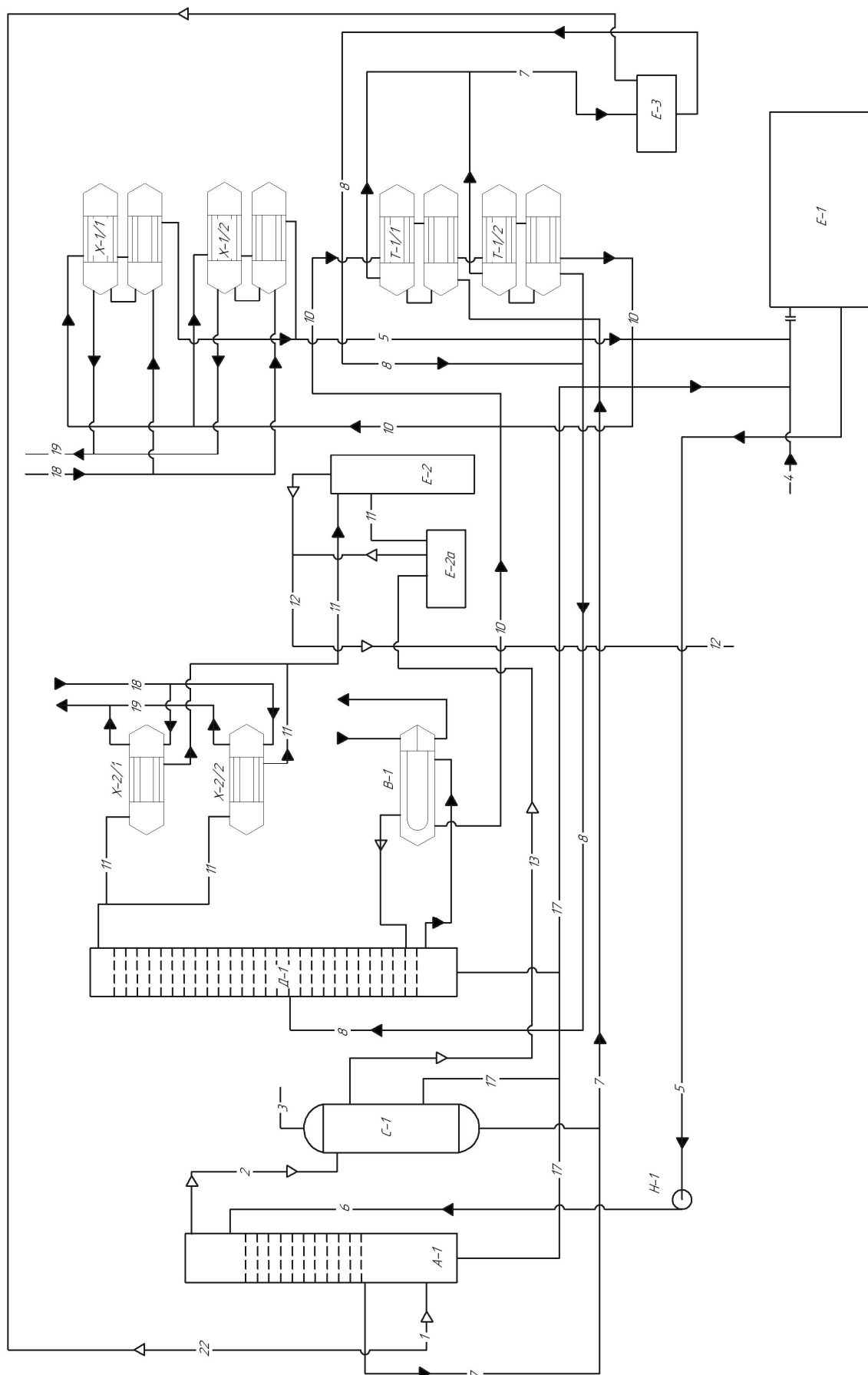


Рисунок 1.1 Технологічна схема осушки газу



## 1.2 Теоретичні основи процесу [2,3,8]

Процес виділення з абсорбенту поглинених компонентів газової суміші називається десорбцією.

Рушійною силою процесу є різниця парціальних тисків компонента в газовій суміші  $P_r$  і в рідкій  $P_{ж}$  фазах. Якщо  $P_r < P_{ж}$ , то поглинені компоненти газу переходять з абсорбенту в газову фазу, тобто здійснюється процес десорбції. Він має на меті регенерувати відпрацьований абсорбент для подальшого багаторазового використання і виділити абсорбційні газоподібні компоненти.

Десорбція здійснюється шляхом взаємодії зустрічних потоків регенованого абсорбенту та десорбційного агента, нагріванням абсорбенту (розчинність падає зі зростом температури), зниженням його тиску, а в ряді випадків поєднанням цих методів.

Перехід абсорбуючих газів в середовищі десорбційного агента можливий до тих пір, поки їх рівноважний тиск над абсорбентом більший, ніж в середовищі десорбційного агента. Отже, десорбція є процесом зворотним абсорбції.

Десорбцію газу проводять:

- 1) відгонкою його в струмі інертного газу або водяної пари;
- 2) шляхом підведення тепла до абсорбенту;
- 3) шляхом зниження тиску над абсорбентом.

Відгонка в струмі інертного газу або водяної пари. В цьому випадку десорбційним агентом є інертний газ або водяна пара. Десорбційний агент призводять до зіткнення з розчином. Так як парціальний тиск розподільного компонента над розчином вище, ніж в десорбційном агенті, то відбувається перехід цього компонента з розчину в потік газу або водяної пари.

Для більш повного виділення розчиненого газу з поглинача процес десорбції в струмі інертного газу (водяної пари або суміші вуглеводневих газів) зазвичай здійснюють в протиточних тарілчастих або насадочних колон. В якості інертного газу, як правило, використовують повітря, з яким змішується виділяємий з поглинача газ. Подальше вилучення газу з газової суміші скрутне. Саме тому даний метод десорбції застосовують в тих випадках, коли витягнутий з газової суміші компонент в подальшому не використовується (наприклад, є

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

шкідливою сумішшю, що видаляється з суміші).

Водяна пара як десорбційний агент застосовують для витягу не розчинних у воді газів. При цьому суміш десорбційного газу і водяної пари з десорбера направляють в конденсатор, в якому відбувається відділення газу від водяної пари шляхом конденсації останнього. Якщо ж температура кипіння десорбованого компонента висока, то його конденсують спільно з водяною парою і потім відділяють від води відстоюванням.

Підведення тепла до абсорбенту. При підведенні тепла в десорбер, наприклад, при обігріві його глухим паром, з розчину разом з десорбованим компонентом випаровується частина абсорбенту. Для поділу виділеної при цьому суміші застосовують ректифікацію.

Зниження тиску над абсорбентом. Цей спосіб десорбції найбільш простий, особливо в тих випадках, коли процес абсорбції проводиться під тиском вище атмосферного і десорбцію можна здійснити шляхом зниження тиску до атмосферного.

### **1.3 Опис об'єкта розробки, вибір матеріалів в об'єкті розробки [3,4,5,]**

Десорбційна колона (рис.1.2) являє собою вертикальний суцільнозварний циліндричний апарат, що складається з окремих царг, з'єднаних між собою зварними з'єднаннями і встановлений на циліндричну опору. Апарат має приварне еліптичне днище і знімну еліптичну кришку.

Апарат забезпечений технологічними штуцерами: для введення зрошення, для введення насиченого ДЕГа, для введення пари з куба випарника, для введення отдувочного газу, для виведення парогазової суміші і регенованого ДЕГа, а також штуцери КВП. Для розподілу рідини при введенні зрошення і насиченого гліколю є розподільні тарілки. В якості робочих тарілок використовуються сітчаті тарілки.

Блок регенерації гліколю має ряд переваг, на підставі яких і було прийнята дана технологічна схема, а саме:

1. Сітчаті тарілки забезпечують високий коефіцієнт корисної дії і низький гідравлічний опір в порівнянні з іншими видами тарілок. Застосування цих тарілок дозволяє працювати апарату при великому діапазоні стійкої роботи.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

2.Блок регенерації має замкнутий енергетичний цикл, що забезпечує менші енерговитрати.

3. Поєднання відпарки з отдувкою забезпечує більш ефективну регенерацію ДЕГа при більш низьких температурах.

4. Застосування теплообмінників з U-подібними трубами забезпечує таку їхню роботу, коли не виникають напруги, викликані різницею температурних деформацій труб і кожуха.

5. Використання гарячої води з дефлегматора в опалювальних системах дозволяє зменшити витрати на опалення.

У штуцер А надходить насичений розчин діетиленгліколю. Розчин опускається вниз апарату за контактними номерами елементів - Сітчатті тарілках.

Отдувочний газ, що складається з суміші вуглеводневих газів, надходить в штуцер Д. У міру свого проходження крізь тарілки, віддувається деяка частина вологи з ДЕГ. Для більшої вилучення вологи з насиченого ДЕГа, розчин ДЕГа направляють через штуцер Б на випарник, де ДЕГ підігрівається до певної температури і прямує назад в апарат через штуцер В.

Новоутворена в наслідок випаровування парогазова суміш, пройшовши весь апарат, виходить з штуцера Е. Оскільки разом з вологою випаровується і ДЕГ, то для його уловлювання передбачено зрошення водою, за допомогою штуцера Ж.

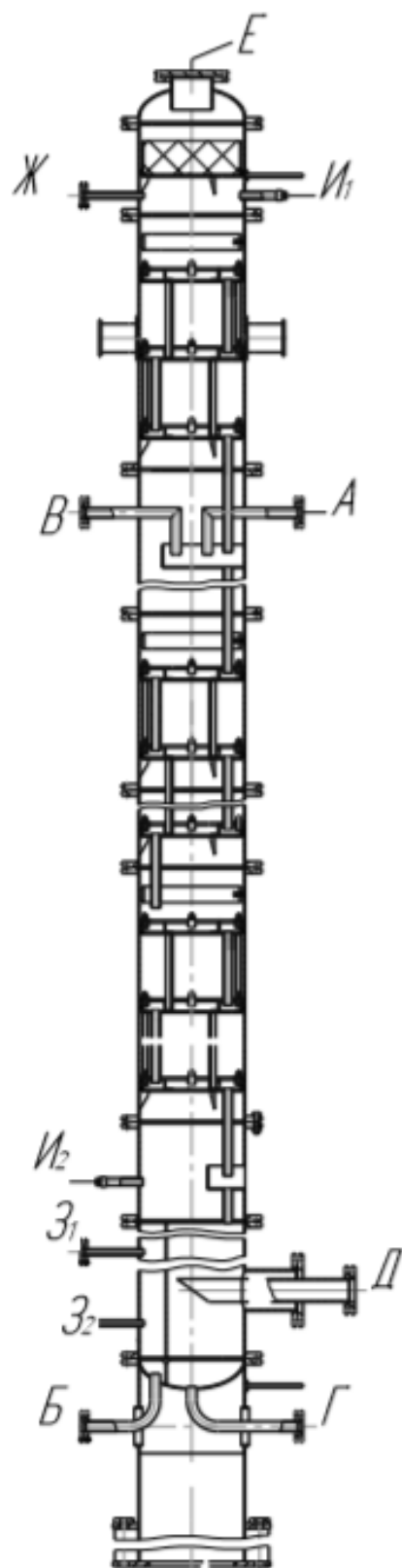


Рисунок 1.2 - Десорбер

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ

Лист

11

## 2 Технологічні розрахунки процесу і апарату

### 2.1 Технологічний розрахунок апарату [1,7,8]

За даними роботи десорбера кількох промислових установок осушення газу розчином діетиленгліколю температура введення сировини в апарат знаходиться в межах 52-109°C. Приймаємо значення температури введення сировини в апарат  $t_2 = 60^\circ \text{C}$ .

Температура парогазової суміші, що виводиться з апарату, приймається рівною  $t_{\text{п}} = 100^\circ \text{C}$ . Температура води, яка подається для зрошення верху апарату, приймається рівною  $t_o = 97^\circ \text{C}$ . Температура розчину діетиленгліколю після обміну теплом з більш нагрітої парогазової сумішшю визначається з теплового балансу апарату. Вихідні дані для розрахунку:

- витрата насиченого ДЕГа: 200 кг / год;
- Тиск вакуум – 2,5 МПа;
- склад отдувочного газу, мол.долі:  
 $\text{CH}_4 = 0,9$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,029$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,033$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,038$ ;

### 2.2. Матеріальний баланс десорбера

Рівняння матеріального балансу десорбера, схема матеріальних потоків якого показана на рис. 1.3, має вигляд :

$$G_{\text{гл.н}} + G_{\text{г}}' + G_o + G_{\text{ж}} = G_{\text{п.г.с.}} + G_{\text{ж}} + G_{\text{ж}}' + G_o \quad (1.1)$$

$G_{\text{гл.н}}$  - витрата насиченого розчину діетиленгліколю, що подається на регенерацію, кг/год;

$G_{\text{г}}'$  - витрата отдувочного газу, кг/год;

$G_o$  - витрата води, яка подається на верх апарату в якості зрошення для зменшення втрат гліколю, кг/год;

$G_{\text{ж}}$  - витрата рідини з випарника, кг/год;

$G_{\text{п.г.с.}}$  - витрата парогазової суміш, кг/год;

$G_{\text{ж}}$  - витрата рідини в випарник, кг/год;

$G_{\text{ж}}'$  - витрата регенованого розчину діетиленгліколю, кг/год;

$G_o$  - випарувався зрошення, кг/год.

Для регенерації розчину гліколю до концентрації 99% (мас.) і більше застосовується отдувний або отпарний газ, що подається під першу тарілку десорбера.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Отдувний газ зменшує парціальний тиск водяної пари і сприяє переходу води з рідкої фази в парову.

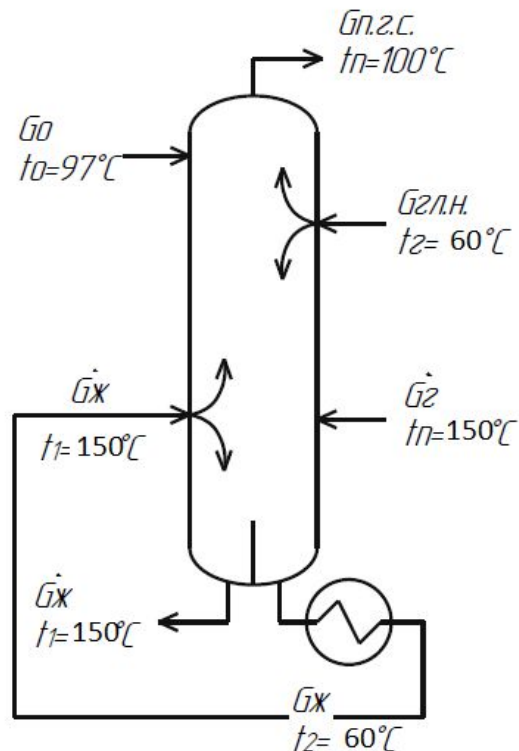


Рис 1.3 Схема матеріальних потоків

Кількість отдувочного газу розраховується за формулою:

$$N'_{\Gamma} = N_{\text{гл}} \cdot S / K \quad (1.2)$$

де  $N_{\text{гл}}$  - кількість діетиленгліколю в насиченому розчині, кмоль / год;

$S$  - фактор десорбції води;

$K$  - константа рівноваги води в системі ДЕГ-вода.

Кількість діетиленгліколю в насиченому розчині одно:

$$N_{\text{гл}} = \frac{G_{\text{гл.н}} \cdot x_2}{M_{\text{гл.н}}} \quad (1.3)$$

где  $M_{\text{гл.н}}$  – мольная масса насыщенного гликоля,  $M_{\text{гл.н}} = 106,12$ .

$$N_{\text{гл}} = \frac{200 \times 0,95}{106,12} = 1,79 \text{ кмоль/год}$$

Фактор десорбції води можна визначити по діаграмі Крейсера - для цього приймається число теоретичних тарілок  $N_t = 3$ .

Розрахункова ступінь відпарки парогазової суміші в апараті дорівнює:

$$\varphi = 1 - \frac{x_2(1-x_1)}{x_1(1-x_2)} \quad (1.4)$$

де  $x_1$  - концентрація регенованого ДЕГа;

$x_2$  - концентрація насиченого ДЕГа.

Тоді, при  $\varphi = 0,75$  і  $N_T = 3$  з діаграми Кремсера знаходимо  $S = 1,07$ .

Температура отдувочного газу приймається рівною  $t_T = 150^\circ \text{C}$ . Тоді константа фазового рівноваги для води при цій температурі і  $p = 2,5 \text{ МПа}$  дорівнює  $K = 1,8$

Кількість отдувочного газу розраховується за формулою:

$$N'_T = 1,79 \cdot 0,75 / 1,8 = 0,75 \text{ кмоль / год.}$$

Склад прийнятого в даному випадку отдувочного газу дан в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Склад отдувочного газу

Компонент	Мольная масса $M_i$	$y'$	$M_i \cdot y'$	$y'$
$\text{CH}_4$	16	0,9	14,4	0,761
$\text{C}_2\text{H}_6$	30	0,029	0,87	0,046
$\text{C}_3\text{H}_8$	44	0,033	1,452	0,077
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	58	0,038	2,204	0,116
$\Sigma$		1	18,926	1

Масова витрата отдувочного газу становить:

$$G'_T = N'_T \cdot M'_T \quad (1.5)$$

$$G'_T = 1,79 \cdot 18,926 = 33,87 \text{ кг/год}$$

Об'ємний витрата отдувочного газу становить:

$$V'_T = \frac{G'_T}{\rho_T} \quad (1.6)$$

де  $\rho_T$  - щільність отдувочного газу,  $\text{кг} / \text{м}^3$ .

При цьому щільність отдувочного газу дорівнює:

$$\rho_r = \frac{M_r \cdot p \cdot 273}{22,4(t_r + 273)0,110^6}$$

де  $t_r$  - температура отдувочного газу,  $t_r = 150$  °C.

$$\rho_r = \frac{18,926 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \cdot 273}{22,4(150+273)0,1 \cdot 10^6} = 13,6 \text{ кг/м}^3.$$

$$V_{r'} = \frac{33,87}{13,6} = 2,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Відрядний витрата отдувочного газу дорівнює:

$$\omega = \frac{V_r}{V_{г.н.}} \quad (1.7)$$

де  $V_r$  - об'ємне кількість насиченого вологою діетиленгліколю,  $\text{м}^3/\text{год.}$

Величина  $V_{г.н.}$  розраховується за формулою:

$$V_{г.н.} = \frac{G_{г.н.}}{\rho_{г.н.}} \quad (1.8)$$

де  $\rho_{г.н.}$  - щільність розчину гліколю при температурі  $t_2 = 60$  °C,  $\rho_{г.н.} = 1055$  кг /  $\text{м}^3$

$$V_{г.н.} = \frac{200}{1055} = 0,19 \text{ м}^3/\text{год}$$

Тоді

$$\omega = \frac{2,5}{0,19} = 13,16 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Питома витрата отдувочного газу в промислових регенераторах гліколей знаходиться в межах  $\omega = 10-100 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ .

Для визначення кількості парогазової суміші, що виводиться з апарату, розраховуються кількості парогазової суміші, утворені при одноразовому випаровуванні насиченого розчину діетиленгліколю.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Однократному випаровуванню розчин ДЕГ піддається двічі: перший раз - при введенні сировини  $G_{\text{гл.н}}$  в апарат і другий - при введенні нагрітого в випарнику рідкого залишку  $G_{\text{ж}}$ , отриманого після однократного випаровування сировини. При цьому допускається, що при контакті з отдувочним газом склад насиченого гліколю після першого одноразового випаровування не змінюється. Таке припущення забезпечує резерв розділової можливості апарату.

Молярна частка відгону  $e'$  розраховується за методом А. М. Трегубова, шляхом підбору такого значення  $e'$ , при якому задовольняються рівності:

$$\sum x'_i = \sum \frac{c'_i}{1 + e'(K_i - 1)} = 1 \quad \sum y'_i = \sum K_i \cdot x'_i = 1 \quad (1.9)$$

де  $x'_i$ ,  $y'_i$  - зміст  $i$ -го компонента в рідкій і паровій фазах, утворилися при одноразовому випаровуванні насиченого діетиленгліколю, молярний частки;

$K_i$  - константа фазового рівноваги  $i$ -го компонента.

Одноразове випаровування насиченого розчину  $G_{\text{гл.н}}$  відбувається при температурі  $t_2 = 60^\circ \text{C}$  і тиску  $p = \text{МПа}$ . одноразове випаровування рідинного потоку  $G_{\text{ж}}$  - при температурі  $t_1 = 150^\circ \text{C}$  і тиску  $\pi = \text{МПа}$ .

При цих умовах константи фазового рівноваги для метану, етану, пропану і бутану можуть бути знайдені з номограми; константа фазового рівноваги для розчину діетиленгліколю розраховується за формулою:

$$K_{\text{дэг}} = P_{\text{дэг}}/p \quad (1.10)$$

де  $P_{\text{дэг}}$  - тиск насиченої пари діетиленгліколю, Па.

Тиск насиченої пари діетиленгліколю (Па) в інтервалі температур від  $80$  до  $165^\circ \text{C}$  можна обчислити за рівнянням [16, с. 120]:

$$\lg P_{\text{дэг}} = 10,2775 - \frac{2727,3}{T} \quad (1.11)$$

де  $T$  - температура, К.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Нижче наведені підібрані значення мольних часток відгону:

- при одноразовому випаровуванні насиченого розчину ДЕГ  $e' = 0,098$ ;
- при вторинному одноразовому випаровуванні ДЕГ  $e' = 0,045$ .

Розрахунки складів парогазової і рідкої фаз, що утворилися при одноразовому випаровуванні абсорбенту, дані в табл. 1.2 і 1.3. При цьому допустимі нев'язки величин  $\sum x'_i$  і  $\sum y'_i$  розподілені по компонентах.

Зміст діетиленгліколю в розчині після однократного випару при температурі  $t = 60^\circ \text{C}$  і тиску  $p = 2,5 \text{ МПа}$  складає 0,9881 мас. часткою. Для подачі в абсорбер осушки газу потрібно розчин, що містить 0,98 мас. часткою діетиленгліколю, так що для цього апарату умова регенерації виконується.

Зміст діетиленгліколя в розчині після другого одноразового випарення при температурі  $t = 150^\circ \text{C}$  і тиску  $p = 2,5 \text{ МПа}$  складає 0,982 мас. часткою, причому воно задовольняє умовам регенерації в розраховується апараті.

Таблиця 1.2 Розрахунок частки відгону при  $t = 60^\circ \text{C}$  і  $p = 2,5 \text{ МПа}$

Компонент	$M_i$	$c'_i$	K	$x'_i$	$y'_i$	$M_i \cdot x_i$	$M_i \cdot y_i$	$x_i$	$y_i$
ДЕГ	106,12	0,893	0,58	0,934	0,54	99,11	57,3	0,9881	0,883
H <sub>2</sub> O	18	0,013	0,6	0,0195	0,01	0,351	0,18	0,0035	0,003
CH <sub>4</sub>	16	0,094	10,5	0,043	0,45	0,688	7,2	0,007	0,111
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	0,002	2,9	0,0017	0,005	0,051	0,15	0,0005	0,002
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	0,001	1,3	0,0008	0,001	0,035	0,044	0,0003	0,0005
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,001	0,58	0,001	0,0006	0,058	0,035	0,0006	0,0004
$\Sigma$		1		1	1	100,3	64,9	1	1

Таблиця 1.3 Розрахунок частки відгону при  $t = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $p = 2,5\text{ МПа}$  Компонент

Компонент	$M_i$	$c_i$	K	$x_i$	$y_i$	$M_i \cdot x_i$	$M_i \cdot y_i$	$x_i$	$y_i$
ДЕГ	106,1	0,927	0,698	0,94	0,66	99,75	70,04	0,98	0,95
	2							2	3
H <sub>2</sub> O	18	0,05	1,7	0,04	0,083	0,88	1,5	0,00	0,02
				9				8	
CH <sub>4</sub>	16	0,003	14,6	0,00	0,0876	0,096	1,4	0,00	0,02
				6				09	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	0,003	5,8	0,00	0,0116	0,75	0,35	0,00	0,00
				25				7	5
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	0,003	3,15	0,00	0,003	0,044	0,13	0,00	0,00
				1				04	2
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,003	2	0,00	0,001	0,029	0,06	0,00	0,00
				01				03	1
$\Sigma$		1		1	1	101,55	73,48	1	1

Масові частки відгону рівні:

при  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$e_1 = e'_1 \cdot \frac{M_y}{M_{\text{гл.н}}} \quad (1.12)$$

при  $t = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$e_2 = e'_2 \cdot \frac{M_y}{M_x} \quad (1.13)$$

где  $M_y = 64,9$ ; $M_a = 73,48$ ; $M_{\text{гл.н}} = 92,7$ ; $M_x = 100,3$ .

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$e_1 = 0,094 \cdot \frac{64,9}{92,7} = 0,066$$

$$e_2 = 0,045 \cdot \frac{73,48}{100,3} = 0,033$$

Після першого одноразового випаровування маємо:

- кількість парогазової суміші:

$$G_{\Pi} = e_1 \cdot G_{\text{г.л.н}} \quad (1.14)$$

$$G_{\Pi} = 0,066 \cdot 200 = 13 \text{ кг/год}$$

- кількість рідини:

$$G_{\text{ж}} = G_{\text{г.л.н}} - G_{\Pi} \quad (1.15)$$

$$G_{\text{ж}} = 200 - 13 = 187 \text{ кг/год}$$

Після другого одноразового випаровування маємо:

- кількість парогазової суміші:

$$G'_{\Pi} = e_2 \cdot G_{\text{ж}} \quad (1.16)$$

$$G'_{\Pi} = 0,033 \cdot 187 = 6 \text{ кг/год.}$$

- кількість рідини:

$$G'_{\text{ж}} = G_{\text{ж}} - G'_{\Pi} \quad (1.17)$$

$$G'_{\text{ж}} = 187 - 6 = 181 \text{ кг/год.}$$

Дані щодо компонентного розрахунку кількості і складу парогазової суміші наведено в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 Розрахунок кількості і складу парогазової суміші, що виводиться з верхньої частини десорбера

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Компонент	Мольная маса	Потік $G_{\text{п}} =$ 13кг/год		Потік $G'_{\text{п}} =$ 6 кг/год		Отдувочний газ	
		$y_i$	$G_{\text{п}i}$	$y_i$	$G'_{\text{п}i}$	$y_i$	$G'_{\text{п}i}$
ДЕГ	106,12	0,883	11.479	0,953	5.718	-	-
H <sub>2</sub> O	18	0,003	0.039	0,02	0.12	-	-
CH <sub>4</sub>	16	0,111	1.443	0,02	0.12	0,761	25.874
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	0,002	0.026	0,005	0.03	0,046	1.564
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	0,0005	0.0065	0,002	0.012	0,077	2.618
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,0004	0.0052	0,001	0.006	0,116	3.944
$\Sigma$		1	13	1	6	1	34

Продовження таблиці 1.4

Компонент	$g_i$	$n_i$	$y_i$	$y_i$
	кількість		зміст	
ДЕГ	25,203	0,237	0,173	0,035
H <sub>2</sub> O	5,688	0,316	0,039	0,046
CH <sub>4</sub>	91,470	5,717	0,627	0,831

C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	9,152	0,305	0,063	0,044
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	11,113	0,253	0,076	0,037
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	3,226	0,056	0,022	0,008
Σ	145,852	6,884	1,000	1,000

Матеріальний баланс десорбера для регенерації розчину діетілєнґліколя дан в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 матеріальний баланс десорбера

Потік, що надходить в десорбер	Кількість, кг / год	Потік, що виводиться з десорбера	Кількість, кг / год
Насичений розчин G <sub>ГЛ.Н.</sub>	200	Парогазова суміш G <sub>П.Г.С.</sub>	145,852
Рідина з випарника G <sub>Ж</sub>	187	Рідина в випарник G <sub>Ж</sub>	187
Отдувочний газ G <sub>Г</sub>	34	Регенерований розчин G <sub>Ж</sub>	181
Зрошення G <sub>о</sub>	-	Зрошення G <sub>о</sub>	-
Σ	421 + G <sub>о</sub>	Σ	520 + G <sub>о</sub>

### 2.3 Теплові баланси і розрахунки

Рівняння теплового балансу десорбера в загальному вигляді має вигляд:

$$Q_{G_{ГЛ.Н.}} + Q_{G_{Г}} + Q_{G_{Ж}} + Q_{G_{о}} = Q'_{G_{Ж}} + Q_{G_{П.Г.С.}} + Q'_{G_{Ж}} + Q'_{G_{о}} \quad (1.18)$$

де прихід тепла (кВт):

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

$Q_{G_{г.н}}$  - насиченим розчином діетилєнглїколя, що подається в апарат на регенерацію;

$Q_{G'_{г}}$  - з отдувочним газом;

$Q_{G_{ж}}$  - з нагрітим в випарнику рідким залишком після однократного випару потоку  $G_{г.н}$ ;

$Q_{G_o}$  - з зрошенням верху апарату;

витрата тепла (кВт):

$Q'_{G_{ж}}$  - з рідким залишком першого одноразового випаровування сировини, що направляється в випарник;

$Q_{G_{п.г.с}}$  - з парогазової сумішшю і отдувочним газом;

$Q'_{G_{ж}}$  - регенерованим розчином діетилєнглїколю;

$Q'_{G_o}$  - з испаряючимся водяним зрошенням. Кількість тепла, що вноситься в апарат насиченим розчином діетилєнглїколя, розраховується за рівнянням:

$$Q_{G_{г.н}} = G_{г.н} [H_{t_2} e_1 + h_{t_2} (1 - e_1)] \quad (1.19)$$

де  $H_{t_2}$  - ентальпія парогазової суміші  $G_{п}$ , що утворилася при одноразовому випаровуванні сировини при температурі  $t_2 = 60^\circ \text{C}$ , кДж / кг;

$h_{t_2}$  - ентальпія рідини  $G_{ж}$ , що утворилася при одноразовому випаровуванні сировини при тій же температурі, кДж / кг.

Ентальпія парогазової суміші  $G_{п}$  розраховується за формулою:

$$H_{t_2} = c_{п} t_2 \quad (1.20)$$

де  $c_{п}$  - теплоємність парогазової суміші, кДж / (кг · °C).

Розрахунок теплоємності парогазової суміші при відомому її складі (див. Табл. 2.2) проводиться в таблиці 1.6.

Попередньо визначається теплоємність пари розчину діетилєнглїколю та формулою:

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$c_{дэг} = H_{дэг}/t_2$$

(1.21)

де  $H_{дэг}$  - ентальпія пара діетиленгліколю при температурі  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ , кДж/кг.

Таблиця 1.6 Розрахунок теплоємності парогазової суміші

Компонент	зміст $y'$	теплоємність $c_p$	$y_i \cdot c_p$
ДЕГ	0,883	17,3	15.276
H <sub>2</sub> O	0,003	1,62	0.005
CH <sub>4</sub>	0,111	2,47	0.274
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,002	2,11	0.004
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0005	2,05	0.001
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0004	2,05	0.001
$\Sigma$	1	-	15,55

Ентальпія пари діетиленгліколю розраховується за формулою:

$$H_{дэг} = h_{дэг} + r$$

(1.22)

де  $H_{дэг}$  - ентальпія рідкого діетиленгліколю при температурі

$t_2 = 60^\circ\text{C}$ ; кДж / кг;

$r$  - теплота випаровування діетиленгліколю при тій же температурі, кДж/кг.

Ентальпія рідкого діетиленгліколю дорівнює:

$$h_{дэг} = c \cdot t_2$$

(1.23)

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



де  $c$  теплоємність діетиленгліколю при температурі  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ ,  $c = 2,3$  кДж/(кг · °C).

$$h_{\text{ДЕГ}} = 2,3 \cdot 60 = 138 \text{ кДж / кг.}$$

Теплота випаровування діетиленгліколю при температурі  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ , рівна  $r = 900$  кДж / кг.

тоді

$$H_{\text{ДЕГ}} = 138 + 900 = 1038 \text{ кДж / кг.}$$

$$c_{\text{ДЕГ}} = 1038 / 60 = 17,3 \text{ кДж / (кг · °C).}$$

Теплоємність парогазової суміші при температурі  $t_2 = 60^\circ\text{C}$  розрахована в табл. 1.6  $c_{\text{п}} = 15,55$  кДж / (кг · °C).

тоді

$$H_{t_2} = 15,55 \cdot 60 = 933 \text{ кДж / кг}$$

Ентальпія розчину діетиленгліколю дорівнює

$$h_{t_2} = c_{\text{ж}} \cdot t_2$$

(1.24)

де  $c_{\text{ж}} = 2,38$  кДж/(кг · °C) – теплоємність розчину, що містить  $x = 0,988$  мас. долей діетиленгліколю, при температурі  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ .

$$h_{t_2} = 2,38 \cdot 60 = 143 \text{ кДж/кг.}$$

Тоді  $Q_{\text{ГЛ.Н}} = 200 \cdot [933 \cdot 0,094 + 143 \cdot (1 - 0,094)] = 43452$  кДж / год = 12,07 кВт.

Кількість тепла, яке вноситься в апарат отдувочним газом, розраховується за рівнянням:

$$Q_{\text{ГТ}} = G_{\text{Г}} \cdot c_{\text{р}} \cdot t$$

(1.25)

де  $c_{\text{р}}$  – теплоємність отдувочного газу при температурі  $t_1 = 150^\circ\text{C}$ ,  $c_{\text{р}} = 2,61$  кДж / (кг · °C).

Тоді

$$Q_{\text{ГТ}} = 2,61 \cdot 33,87 \cdot 150 = 13260 \text{ кДж / год} = 3,68 \text{ кВт.}$$

Кількість тепла, яке вноситься в апарат розчином ДЕГ при температурі  $t_1 = 150^\circ\text{C}$ , розраховується за рівнянням:

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{G_{\text{ж}}} = G_{\text{ж}} \cdot [H_{t1} \cdot e_2 + h_{t1}(1 - e_2)] \quad (1.26)$$

де  $H_{t1}$  - ентальпія парогазової суміші, що утворилася при одно-кратному випаровуванні потоку  $G_{\text{ж}}$  при температурі  $t_1 = 150^\circ\text{C}$ , кДж / кг;  $h_{t1}$  - ентальпія рідкого потоку  $G_{\text{ж}}$ , що утворився при одно-кратному випаровуванні потоку  $G_{\text{ж}}$ , кДж / кг. Ентальпія парогазової суміші, що утворилася при одноразовому випаровуванні розчину діетиленгліколю при температурі  $t_1 = 150^\circ\text{C}$ , розраховується за формулою:

$$H_{t1} = c_{\text{п}} \cdot t_1 \quad (1.27)$$

де  $c_{\text{п}}$  - теплоємність парогазової суміші, що утворилася при другому одноразовому випаровуванні розчину діетиленгліколю (див. табл. 2.3). Розрахунок теплоємності парогазової суміші наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 Розрахунок теплоємності парогазової суміші

Компонент	зміст $y'$	теплоємність $c_p$	$y_i \cdot c_p$
ДЕГ	0,953	8,2	7.815
H <sub>2</sub> O	0,02	1,95	0.039
CH <sub>4</sub>	0,02	2,594	0.052
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,005	2,216	0.011
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,002	2,153	0.004
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,001	2,153	0.002
$\Sigma$	1	-	7.923

По таблиці 1.7  $c_{\text{п}} = 7,923$  кДж / (кг · °C).

$$H_{t1} = 7,923 \cdot 150 = 1188,5 \text{ кДж / кг.}$$

Ентальпія розчину діетиленгліколю при температурі  $t_1 = 150^\circ\text{C}$ :

$$h_{t1} = c_{\text{ж}} \cdot t_1 \quad (1.28)$$

де  $c_{ж}$  - теплоємність розчину,  $c_{ж}=2,8 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ \text{C})$ .

$$h_{t1} = c_{ж} \cdot t_1 = 2,8 \cdot 150 = 420 \text{ кДж} / \text{кг}.$$

$Q_{Gж} = 187 \cdot [1188,5 \cdot 0,045 + 420(1 - 0,045)] = 85007 \text{ кДж} / \text{кг} = 23,6 \text{ кВт}$ . Кількість тепла, яке вноситься з десорбера рідким залишком першого одноразового випаровування сировини при температурі  $t_2 = 60^\circ \text{C}$ , так само

$$Q'_{Gж} = G_{ж} \cdot h_{t2} \quad (1.29)$$

$Q'_{Gж} = 187 \cdot 143 = 26741 \text{ кДж} / \text{год} = 7,4 \text{ кВт}$ . Кількість тепла, яке виносить з десорбера парогазова суміш при температурі  $t_{п} = 100^\circ \text{C}$ , так само:

$$Q_{Gп.г.с} = G_{п.г.с} \cdot C_{п.г.с} \cdot t_{п} \quad (1.30)$$

$Q_{Gп.г.с} = 145,85 \cdot 2,56 \cdot 100 = 37337 \text{ кДж} / \text{год} = 10,37 \text{ кВт}$ . Кількість тепла, яке виносить з апарату регенерований розчин діетиленгліколю при температурі  $t_1 = 150^\circ \text{C}$ , становить:

$$Q_{G'ж} = G'_{ж} \cdot h_{t1} \quad (1.31)$$

$$Q_{G'ж} = 181 \cdot 420 = 76020 \text{ кДж/год} = 21,1 \text{ кВт}$$

Тепловий баланс апарату представлений в таблиці 1.8.

Найменування теплового потоку	Температура	Кількість тепла, кВт
Прихід		
Насичений розчин $Q_{Gг.н.}$	60	12,07
Отдувочний газ $Q_{G'г}$	150	3,68
Рідина з випарника $Q_{Gж}$	150	23,6
Зрошення $Q_{Go}$	97	$Q_{Go}$

$\Sigma$	-	$39.35 + Q_{G0}$
Витрата Рідина в випарник $Q_{Gж}$	60	7,4
Парогазова суміш $Q_{ГП.Г.С.}$	100	10,37
Регенерований ДЕГ $Q_{G'ж}$	150	21,1
Испарённое зрошення $Q'_{G0}$	100	$Q'_{G0}$
$\Sigma$	-	$38,9 + Q'_{G0}$

З теплового балансу десорбера маємо:  $39,35 + Q_{G0} = 38,9 + Q'_{G0}$

$$Q'_{G0} - Q_{G0} = 0,45 \text{ кВт}$$

Вирішуючи останнє рівняння щодо кількості зрошувальної води, отримаємо:

$$G_0 = \frac{3600 \cdot (Q'_{G0} - Q_{G0})}{H_{100} - h_{97}} \quad (1.32)$$

де  $H_{100}$  - ентальпія водяної пари при температурі  $t_n = 100^\circ \text{C}$ , кДж / кг;

$h_{97}$  - ентальпія води при температурі  $t_o = 97^\circ \text{C}$ , кДж / кг.

$$G_0 = \frac{3600 \cdot 0,45}{2667 - 406} = 0,71 \text{ кг/год}$$

## 2.4 Конструктивні розрахунки апарату

### 2.4.1 Число теоретичних тарілок

Витяг вологи з ДЕГа є одним з важких процесів десорбції, внаслідок одночасної відпарки при двох різних температурах.

З цієї причини необхідне число теоретичних тарілок вважають за краще встановлювати, виходячи з досвідчених даних; воно становить 2-4 тарілки.

Число робочих тарілок одно:

$$N_p = \frac{N_r}{\eta}, \quad (1.33)$$

де  $N_r$  - число теоретичних тарілок,  $N_r = 4$  шт;

$\eta$  - ККД тарілки,  $\eta = 0,25$ .

$$N_p = \frac{4}{0,25} = 16 \text{ шт.}$$

### 2.4.2 Діаметр апарату

Діаметр апарату в його найбільш навантаженому нижньому перетині (під нижньої тарілкою) розраховується за формулою :

$$D_d = \frac{\frac{1800G'_j}{\rho_j} + \sqrt{(K_0 C + 35) \frac{3600G_{п.г.}}{\sqrt{\rho_{п.г.}(\rho_j - \rho_{п.г.})}}}}{(K_0 C + 35)}, \quad (1.34)$$

$G'_j$  - витрата регенованого розчину діетиленгліколю з нижньої тарілки десорбера, кг / с;

$\rho_j$  - щільність розчину гліколю температурі  $t_1 = 150^\circ \text{C}$ ,  $\rho_j = 1016 \text{ кг/м}^3$ ;

$K_0$  - коефіцієнт для клапанних тарілок,  $K_0 = 0,25$ ;

$C$  - коефіцієнт для десорбера при відстані між тарілками  $h_T = 0,3 \text{ м}$ ,  $C = 300$ ;

$G_{п.г.с.}$  - витрата парогазової суміші, що надходить під нижню тарілку десорбера, кг / год;

$\rho_{п.г.с.}$  - щільність парогазової суміші, кг / м<sup>3</sup>.

Витрата регенованого діетиленгліколю дорівнює:

$$G'_{\text{ж}} = 1,39 \text{ кг / с}$$

Кількість парогазової суміші під нижньою тарілкою, а також склад і середня мольна маса розраховані в табл. 2.17.

Щільність цієї парогазової суміші становить:

$$\rho_{\text{п}} = \frac{6,88 \cdot 273 \cdot 2,5}{22,4(150 + 273) \cdot 0,1} = 0,051 \text{ кг/м}^3$$

Діаметр десорбера дорівнює:

$$D_{\text{д}} = \frac{\frac{1800 \cdot 181}{1016} + \sqrt{(0,25 \cdot 300 + 35) \cdot \frac{91,8}{\sqrt{0,051(1100 - 0,051)}}}}{0,25 \cdot 300 + 35} = 0,325 \text{ м}$$

З урахуванням найменшого діаметра тарілок з сітчатими тарілками типу ТС (по ОСТ 26-805-73) приймається діаметр десорбера  $D_{\text{д}} = 0,4 \text{ м}$ .

Прийнятність прийнятого значення діаметра апарату повинна бути перевірена на гідравлічним розрахунком тарілок.

### 2.4.3 Висота десорбера

Робоча висота апарату дорівнює (рис.1.4):

$$H_{\text{р}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \quad (1.35)$$

де  $h_1$  - висота верхньої камери колони, м;

$h_2$  - висота верхньої секції колони (зайнятої тарілками), м;

$h_3$  - висота секції харчування, м;

$h_4$  - висота нижньої секції колони (зайнятої тарілками), м;

$h_5$  - висота нижньої камери колони, м.

На підставі практичних даних приймається наступне:  $h_1 = 1,5 \text{ м}$ ;  $h_3 = 1,2 \text{ м}$ ;  $h_5 = 3,0 \text{ м}$ .

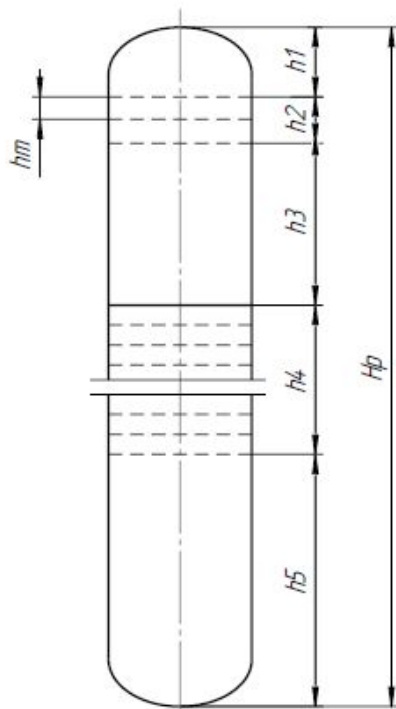


Рисунок - 2.4 Схема для розрахунку робочої висоти апарату

Висота верхньої секції дорівнює:

$$h_2 = (N_v - 1) h_T \quad (1.36)$$

де  $N_v$  - число робочих тарілок у верхній секції апарату.

Зазвичай число робочих тарілок у верхній секції апарату становить  $N_v=2-4$ .

Прийmemo  $N_v = 2$ .

тоді

$$h_2 = (2 - 1) \cdot 0,3 = 0,3 \text{ м}$$

Висота нижньої секції дорівнює:

$$h_4 = (N_p - 1) \cdot h_T \quad (1.37)$$

де  $N_p$  - число робочих тарілок в нижній секції апарату,  $N_p = 16$ .

$$h_4 = (16 - 1) \cdot 0,3 = 4,5 \text{ м.}$$

Тоді робоча висота колони складе:

$$H_p = 1,5 + 0,3 + 1,7 + 4,5 + 3,0 = 10,9 \text{ м.}$$

#### 2.4.4 Діаметр штуцерів

Визначимо діаметр штуцера входу насиченого ДЕГа в апаратат:

$$d_A = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} \quad (1.38)$$

де  $V$  - об'ємна витрата газу,  $V = 2,58 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

$\omega$  - середня швидкість потоку.

$$d_A = \sqrt{\frac{2,58}{0,785 \cdot 3600 \cdot 2}} = 0,019 \text{ м.}$$

Приймаємо трубу  $d_A = 20 \text{ мм}$ , матеріал сталь 20 ГОСТ 78734-74.

Визначаємо діаметр штуцера виходу парогазової суміші:

$$D_{\text{п.г.с.}} = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} \quad (1.39)$$

де  $V$  - кількість парогазової суміші,  $V = 176,6 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;

$\omega$  - швидкість течії ДЕГа в трубопроводі,  $\omega = 8 \text{ м} / \text{с}$ .

$$D_{\text{п.г.с.}} = \sqrt{\frac{176,6}{0,785 \cdot 3600 \cdot 8}} = 104 \text{ мм.}$$

Приймаємо трубу  $D_y = 150 \text{ мм}$ . Матеріал сталь 20 ГОСТ 78734-74.

#### 2.5 Визначення гідравлічного опору апарату

Гідравлічний опір тарілок:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_{\pi} + \Delta P_{\sigma} \quad (1.40)$$

де  $\Delta P_c$  - гідравлічне опір сухої тарілки;

$$\Delta P_c = \zeta \frac{\omega^2}{2 \cdot F_c^2} \cdot P_y \cdot n \quad (1.41)$$

де  $\zeta$  - коефіцієнт опір сухої тарілки [10, стор.12],  $\zeta = 1,5$ ;

$n$  - кількість тарілок;

$\omega$  - робоча швидкість газу;

$F_c$  - вільний перетин тарілки [10, стор.115], з  $F = 0,126 \text{ м}^2$

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31



$$\omega = \frac{0,0155}{d_k^{2/3}} \sqrt{\frac{P_x}{P_y} \cdot h_k} \quad (1.42)$$

де  $P_x$  - щільність поглинач (гліколю),  $P_x = 1100 \text{ кг / м}^3$ ;

$P_y$  - щільність газу,  $P_y = 0,31 \text{ кг / м}^3$ ;

$k_d$  - діаметр отвору,  $k_d = 0,005 \text{ м}$ ;

$k_h$  - відстань між тарілками,  $k_h = 0,3 \text{ м}$ .

$$\omega = \frac{0,0155}{0,005^{2/3}} \sqrt{\frac{1100 \cdot 0,3}{0,31}} = 17,2 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_c = \frac{18 \cdot 1,5 \cdot 17,2^2 \cdot 0,31}{2 \cdot 0,126^2} = 78000 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір газо-рідинного шару (піни) на тарілці:

$$\Delta P_{\pi} = g \cdot \rho \cdot h_0 \cdot n \quad (1.43)$$

де  $h_0$  - висота світлого шару рідини:

$$h_0 = 0,0419 + 0,19 \cdot h_{\text{пер}} - 0,0135 \cdot \omega \sqrt{P_y} + 2,46 \cdot q \quad (1.44)$$

де  $h_{\text{пер}}$  - висота світлого шару рідини,  $h_{\text{пер}} = 0,04 \text{ м}$ ;

$q$  - лінійна щільність зрошення.

Лінійна щільність зрошення:

$$q = \frac{Q}{b} \quad (1.45)$$

де  $Q$  - об'ємна витрата рідини,  $Q = 342,86 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;

$b$  - ширина переливної перегородки  $b = 0,8 \text{ м}$ .

$$q = \frac{2,58}{0,8 \cdot 3600} = 0,0042 \text{ м}^3 / \text{м} \cdot \text{с}$$

$$h_0 = 0,0419 + 0,19 \cdot 0,4 - 0,0135 \cdot 17,2 \cdot \sqrt{0,3} + 2,46 \cdot 0,0042 = 0,061 \text{ м.}$$

$$\Delta P_{\pi} = 9,81 \cdot 1100 \cdot 0,061 \cdot 18 = 11850 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір, обумовлене силами поверхневого натягу

$$\Delta P_{\sigma} = n \cdot 4 \cdot \sigma / d_3$$

(1.46)

де  $\sigma$  - поверхневий натяг [3, табл. XXIV];

$d_3 = d_k = 0,005$  м - еквівалентний діаметр.

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{6 \cdot 31 \cdot 10^{-3}}{0,005} = 111,6 \text{ Па}$$

Повний гідравлічний опір всіх тарілок

$$\Delta P = 78000 + 11859 + 111,6 = 89970 \text{ Па}$$

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3 Розрахунки на міцність апарату

#### 3.1. Розрахунок товщини стінки корпусу [7,8,9]

Вихідні дані для розрахунку товщини стінки корпусу

$$D_6 = 400 \text{ мм}$$

$$P = 2.5 \text{ МПа}$$

Матеріал корпусу 12Х18Н10Т. напруга, що допускається  $[\delta] = \eta [\delta^*]$

де  $\eta$  - поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації апарату;

$[\delta^*]$  - номінальне допустиме напруження, МПа.

За [7, табл.1.4] визначаємо, що  $[\delta]^* = 160 \text{ МПа}$ . За рекомендаціями, наведеними в [7, с.408] для вузлів і деталей апаратів, призначених для обробки або зберігання вибухопожежонебезпечних продуктів  $\eta = 0,9$ .

тоді

$$[\delta] = 0,9 \cdot 160 = 144 \text{ МПа}$$

Зварні шви стикові двосторонні для обичайок.

Зварювання автоматична під шаром флюсу.

За табл. [7, табл.14,7] вибираємо коефіцієнт міцності зварних швів  $\varphi_{ш} = 1$ .

Під пробним тиском  $P_{пр}$ , МПа, в посудині або апараті розуміється надмірний тиск, при якому проводиться випробування посудини або апарата на міцність і щільність після його виготовлення і періодично при експлуатації (згідно з ДСТУ 3-17-191-2000)

Пробний тиск при гідравлічному випробуванні згідно [7] визначимо за формулою:

$$P_{пр} = \max \{ 1,5 P [\sigma]_{20} / [\sigma]_t ; 0,2 \} \quad (3.1)$$

$$P_{пр} = \max \{ 1,5 \cdot 2,5 \cdot 160 / 144 ; 0,2 \} = \max \{ 4,17 ; 0,2 \} = 4,17 \text{ МПа}.$$

Згідно вимог ГОСТ 74249-89 розрахунок на міцність елементів посудини або апарата для умов випробування проводити не потрібно, тому що розрахунковий тиск в умовах випробування буде менше, ніж розрахункове тиск в робочих умовах, помножене на  $1,35[\sigma]_{20}/[\sigma]$ .

Під розрахунковим тиском в робочих умовах  $P$ , МПа, для елементів посудини і апарату розуміється максимальне допустиме робочий тиск, на яке проводиться їх розрахунок на міцність.

Визначаємо відношення визначальних параметрів  $[\delta]$  і  $P$  з урахуванням коефіцієнта  $\varphi$ . приймаємо  $\varphi = \varphi_0$  при повністю укріплених отворах.

$$\frac{[\delta]}{P} \varphi_w = \frac{144}{2.5} \cdot 1 = 57.6 > 25$$

Номінальну розрахункову товщину стінки, обичайки для даного значення відносини  $\frac{[\delta]}{P}$  згідно [7, табл.15,6]

$$S_R = \frac{D_e \cdot P}{2 \cdot [\delta] \cdot \varphi} \quad (3.1)$$

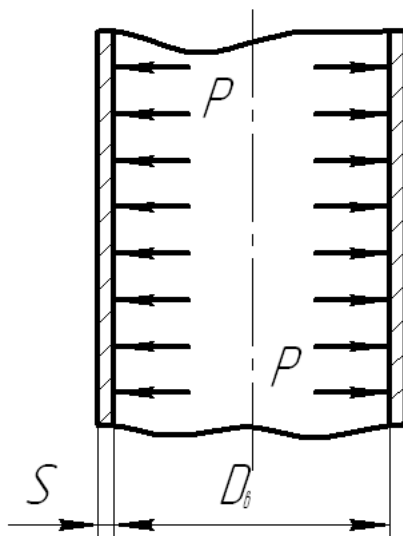


Рисунок 3.5 -Розрахункова схема обичайки

$$S_R = \frac{0.4 \cdot 2.5}{2 \cdot 144 \cdot 1,0} = 0,003 = 3 \text{ мм}$$

Згідно [7] проникність стали 12X18H10T в даному середовищі  $P = 0,1 \text{ мм / рок.}$

Тоді при терміні служби апарату 10 років надбавка на компенсацію корозії складе

$$C_{\kappa} = n \cdot \tau \quad (3.2)$$

$$C_{\kappa} = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки корпусу, з урахуванням надбавки на корозію, [7, табл.2.22] і збільшення на округлення товщини до найближчого великого розміру по сортаменту

$$S = 3 + 1 = 4 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки апарату 4 мм.

перевіримо умову

$$\frac{S - C_{\kappa}}{D_{\text{в}}} \leq 0,1 \quad (3.3)$$

$$\frac{4 - 1}{400} = 0,0075 < 0,1$$

тобто умови виконуються.

Допустиме тиск в апараті

$$[P] = \frac{2[\delta] \cdot \varphi \cdot (S - C_{\kappa})}{D_{\text{в}} + (S - C_{\kappa})} \quad (3.4)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 144 \cdot 1,0(0,004 - 0,001)}{0,4 + (0,004 - 0,001)} = 2,14 \text{ МПа}$$

$[\delta] > \delta$  - Умови виконуються

### 3.2 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища [7,8,9]

Вихідні дані:

$$D_{\text{в}} = 400 \text{ мм}$$

$$P = 2,5 \text{ МПа}$$

Матеріал корпусу 12X18H10T.

Товщину стінки еліптичного днища попередньо приймаємо рівною товщині стінки корпусу апарату  $S = 4 \text{ мм}$  з умов технологічності виготовлення.

За ГОСТ 6533-78 вибираємо стандартне еліптичне днище  $D_{\text{в}} = 400 \text{ мм}$ .

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Внутрішній радіус кривизни в вершині днища для стандартних днищ  
 $R_{\delta} = D_{\delta} = 400 \text{ мм.}$

Перевірочний розрахунок здійснюється по допустимому надмірному тискунию

$$[P] = \frac{2[\delta] \cdot \varphi (S - C_{\kappa})}{R_{\delta} + (S - C_{\kappa})} \quad (3.5)$$

де

$$\varphi = 1,0$$

$$C_{\kappa} = 1,0 \text{ мм}$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 144 \cdot 1,0 (0,004 - 0,001)}{0,4 + (0,004 - 0,001)} = 2,15 \text{ МПа}$$

Оскільки  $[P] > P$  прийняту товщину стінки днища приймаємо остаточно.

Для виготовлення кришки, вибираємо аналогічне днище, для якого перевірочний розрахунок не потрібно.

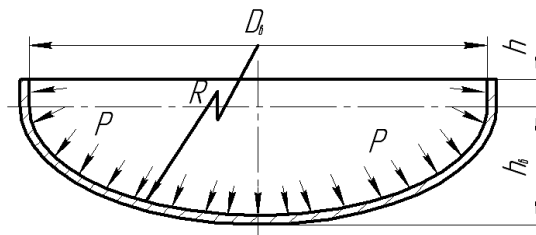


Рисунок 3.6 - Розрахункова схема днища

### 3.3 Розрахунок і вибір опори

Маса апарату включає масу корпусу, тарілок, днищ

$$M_a = M_{\kappa} + M_m + 2M_{\delta n.} \quad (3.7)$$

де

$M_{\kappa}$  - маса корпусу, кг;

$M_m$  - маса тарілок, кг

$M_{\delta n.}$  - маса днища, кг [7, табл.16.1];

$$M_{\delta n.} = 6,6 \text{ кг}$$

$$M_{\kappa} = H_{\kappa} \frac{\pi}{4} \left( (D + 2S)^2 - D^2 \right) \cdot \rho_{cm} \quad (3.8)$$

де

$H_{\kappa}$  - висота циліндричної частини корпусу колони, м,

$$H_{\kappa} = 10.9 \text{ м};$$

$D$  - діаметр апарату, м;

$S$  - товщина стінки корпусу, м;

$\rho_{ст}$  - щільність сталі;

$$\rho_{ст} = 7900 \text{ кг / м}^3$$

$$M_{\kappa} = 10.9 \frac{3.14}{4} \left( (0.4 + 2 \cdot 0.004)^2 - 0.4^2 \right) \cdot 7900 = 437 \text{ кг}$$

маса тарілок

Із додатка 2 [4] маса однієї тарілки при  $D = 400$  мм

$$m_T = 25.1 \text{ кг},$$

$$M_m = 25.1 \cdot 16 = 401.6 \text{ кг}$$

Тоді маса апарату (розрахункова)

$$M_a = 437 + 401.6 + 2 \cdot 6.6 = 970.6 \text{ кг}$$

Обсяг колони  $V = 1.4 \text{ м}^3$ , тоді маса при гідравлічних випробуваннях

$$m_3 = V \cdot \rho_g \quad (3.9)$$

$$m_4 = 1.4 \cdot 995 = 1393 \text{ кг}.$$

Наведена навантаження на опору

$$Q = (m_a + m_3) \cdot g \text{ Н} \quad (3.9)$$

$$Q = (970.6 + 1393) \cdot 9.81 = 23.2 \cdot 10^3 = 23.2 \text{ кН}.$$

За ОСТ 26-467-78 [6, табл.14.11] по розрахованим навантаженням вибираємо циліндричну опору з кільцевих опорним поясом; число болтів  $Z_g = 8$ ;  $d_g = M30$ . Висоту опори з конструктивних міркувань приймаємо рівною  $H = 1300 \text{ мм}$ .

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

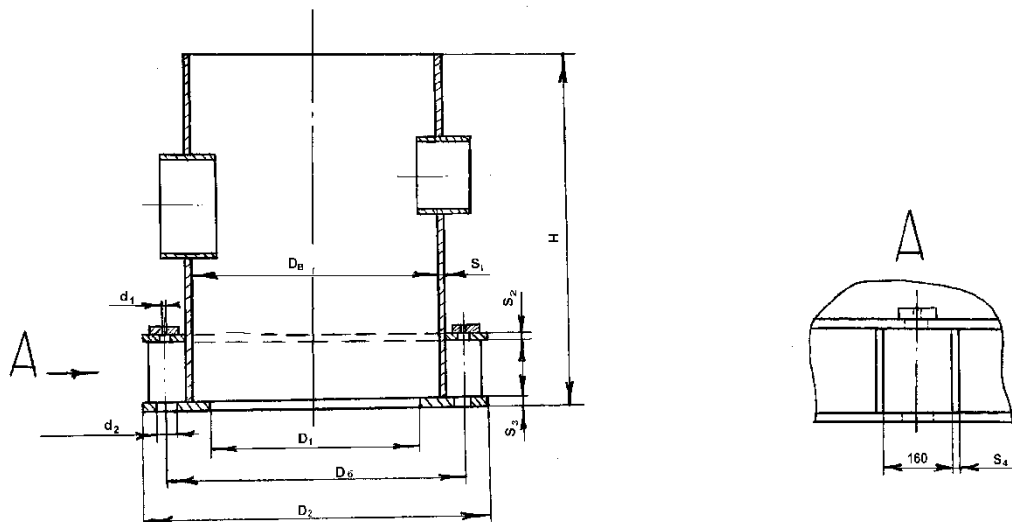


Рисунок 3.7- Ескіз опори

### 3.4 Розрахунок колони на вітрове навантаження

Ставлення  $H / D = 10,9/0,4 = 27,25 \geq 15$ , отже, розрахункова схема приймається у вигляді упругозащемленного стрижня. Умовно розбиваємо по висоті апарат на 2 ділянки по 5,5 метрів, вага ділянки приймається зосередженим в середині ділянки; вітрове навантаження, рівномірно розподілена по висоті апарату, замінюється зосередженими силами, прикладеними в середині ділянки:

Період власних коливань для максимального і мінімального ваги колони.  
При  $H / D \geq 15$

$$T = 1,79H \sqrt{\frac{G}{g} \left( \frac{H}{EJ} + 4\varphi_0 \right)}$$

де  $H = 10,9$  м - висота колони;

$G$  - максимальний або мінімальний вага колони;

$J$  - момент інерції верхнього поперечного перерізу корпусу апарату щодо центральної осі;

$E$  - модуль пружності;

де  $D_{cp}$  - середній діаметр корпусу

$$D_{cp} = D + (S-C) = 0,4 + (0,004-0,001) = 0,403 \text{ м}$$

$$J = \pi D_{cp}^3 (S-C) / 8$$

$$J = 2,14 \cdot 0,403 (0,004-0,001) / 8 = 0,024 \text{ М}^4$$

$$\varphi_0 = 1 / C_{\varphi} J_{\varphi} = 1/50 \cdot 0,061 = 0,009 \text{ 1 / МН} \cdot \text{м}$$



де  $C_\phi = 50 \text{ МН/м}^3$  - коефіцієнт нерівномірності стиснення ґрунту [1];

$J_\phi$  - момент інерції підшви фундаменту щодо центральної осі

$$J_\phi = 1,3 J_k = 1,3 \cdot 0,047 = 0,061 \text{ М}^4$$

де  $J_k$  - момент інерції фундаментного кільця

$$J_k = \pi D^3 l / 8 = 3,14 \cdot 0,403^3 \cdot 0,3 / 8 = 0,047 \text{ М}^4$$

де  $l = 0,3 \text{ м}$  - ширина кільця

Період коливання колони.

$$T_{\max} = 1,79 \cdot 10,9 [2,94 (10,9 / 1,86 \cdot 105 \cdot 0,24 + 4 \cdot 0,009) / 9,8]^{0,5} = 6,42 \text{ с}$$

$$T_{\min} = 1,79 \cdot 10,9 [2,11 (10,9 / 1,86 \cdot 105 \cdot 0,24 + 4 \cdot 0,009) / 9,8]^{0,5} = 6,08 \text{ с}$$

Нормативний швидкісний тиск для II географічного пояса  $q = 0,035 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^2$  [1]

Поправочний коефіцієнт до нормативного швидкісного напору для ділянок апарату висотою  $H > 10 \text{ м}$   $\theta = 1,4$  [1]. Розрахунковий швидкісний натиск по ділянках

$$q_1 = q_2 = \theta q = 1,4 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} = 0,049 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^2$$

Коефіцієнт динамічності визначаємо за графіком [1]:

$$\text{для } T = 6,42 \text{ с} - \varepsilon = 3,3$$

$$\text{для } T = 6,08 \text{ с} - \varepsilon = 3,2$$

Коефіцієнт пульсації швидкісного напору визначаємо за графіком [1]:

$$\text{для ділянки 1} - m_1 = 0,34$$

$$\text{для ділянки 2} - m_2 = 0,35$$

Коефіцієнт збільшення швидкісного напору

$$\beta = 1 + \varepsilon m$$

при максимальній масі апарату

$$\beta_1 = 1 + 3,3 \cdot 0,34 = 2,122$$

$$\beta_2 = 1 + 3,3 \cdot 0,35 = 2,155$$

при мінімальній масі апарату

$$\beta_1 = 1 + 3,2 \cdot 0,34 = 2,088$$

$$\beta_2 = 1 + 3,2 \cdot 0,35 = 2,120$$

Сила від вітрового навантаження, що діє на кожну ділянку апарату

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{1-2} = 0,6\beta_i \cdot q_i \cdot D_i \cdot h_i$$

при максимальній силі тяжкості апарату

$$P_1 = 0,6 \cdot 2,122 \cdot 0,049 \cdot 10^{-2} \cdot 3,36 \cdot 7 = 0,0147 \text{ МН}$$

$$P_2 = 0,6 \cdot 2,155 \cdot 0,049 \cdot 10^{-2} \cdot 3,36 \cdot 7 = 0,0149 \text{ МН}$$

при мінімальній силі тяжкості апарату

$$P_1 = 0,6 \cdot 2,088 \cdot 0,049 \cdot 10^{-2} \cdot 3,36 \cdot 7 = 0,0144 \text{ МН}$$

$$P_2 = 0,6 \cdot 2,120 \cdot 0,049 \cdot 10^{-2} \cdot 3,36 \cdot 7 = 0,0147 \text{ МН}$$

Згинальний момент від вітрового навантаження на апарат щодо заснування при максимальній силі тяжкості апарату

$$M_{B1} = 0,0147 \cdot 17,5 = 0,257 \text{ МН}$$

$$M_{B2} = 0,0149 \cdot 10,5 = 0,156 \text{ МН}$$

$$\Sigma M_B = 0,413 \text{ МН}$$

при мінімальній силі тяжкості апарату

$$M_{B1} = 0,0144 \cdot 17,5 = 0,252 \text{ МН}$$

$$M_{B2} = 0,0147 \cdot 10,5 = 0,154 \text{ МН}$$

$$\Sigma M_B = 0,406 \text{ МН}$$

$\Sigma M_B \leq 1$ , отже, умова стійкості дотримується

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4. Організація монтажних та ремонтних робіт [11,12]

### 4.1 Опис монтажу апарату

Одним з вирішальних умов правильної організації монтажних робіт є комплектна постановка обладнання, що має високу заводську готовність.

Порядок постановки устаткування визначено «основними технічними вимогами монтажних організацій до підприємств хімічної промисловості» ТУ 26-01-217-89.

Обладнання, що поставляється повинно відповідати таким основним вимогам, що визначає його якість і максимальну готовність:

- в опорному підставі повинні бути передбачені регулювальні гвинти, за допомогою яких обладнання вивіряють на фундаменті в горизонтальній і вертикальній площинах;

- у апаратів колонного типу для їх стропування при монтажі повинні бути передбачені монтажні штуцера ГОСТ 13716-86 або інші захватні пристрої;

- апарати з зовнішніми і внутрішніми теплоізоляційними захисними покриттями повинні поставлятися з привареними деталями для кріплення цих покриттів, а також з підготовленими захисними поверхнями;

- на апаратах і судинах підлягають на місці монтажу гідравлічного випробування, повинні мати передбачені спеціальні штуцери для установки вентилів (воздушника), через який при заповненні апарату водою буде проводитися випуск повітря, для приєднання манометра і повного зливу води;

- кожен штуцер на апараті або посудині повинен мати відповідний фланець, робочу прокладку і кріпильні деталі;

- для вивірки вертикальності встановленого апарату колонного типу, якщо він за проектом має зовнішню ізоляцію, повинні бути передбачені спеціальні бобишки з нарізкою для ввертвання штирів. Бобишки розташовують у нижній і верхній частинах апарату по дві, під кутом 90 ° С;

- відправлені заводом-виготовлювачем до місця монтажу апарат, посудину або транспортабельний вузол повинні мати вказівки місць стропування, зазначена на апараті або вузлі яскравою фарбою. На апараті або вузлі на видному місці також яскравою фарбою повинен бути вказана вага апарату або його вузлів. Якщо

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

апарат поставляється окремими вузлами, то вони повинні мати складальну маркування на відмінюється частинах.

Збірка апаратів, що складаються з окремих царг, що збираються на фланцях здійснюється безпосередньо на фундаменті. В цьому випадку до їх підйому слід перевірити горизонтальність привалочних поверхонь кожної царги. Відхилення не повинно перевищувати 0,3 мм на 1 м діаметр апарату, але не більше 2 мм на весь діаметр.

Збірка фланцевих з'єднань повинна виконуватися без підганяючи операцій; болти в отвори повинні входити вільно, без напруги. Затягування фланцевих з'єднань необхідно проводити одночасним загортанням гайок на діаметрально розташованих болтах або шпильках.

Остаточну затягування фланцевих з'єднань царг апаратів з прокладками з шнурового азбесту слід проводити «на гаряче» при нагріванні всього апарату паром до 60 ° С.

## 4.2 Опис ремонтних робіт апарату

Відповідно до діючого положення про планово-попереджувальному ремонті графіки і плани ремонту обладнання складаються в певній послідовності. Технічна адміністрація виробничого цеху надає до відділу головного механіка підприємства проект річного плану-графіка ремонту устаткування з урахуванням дати їх останнього ремонту. Відділ головного механіка на підставі цехових проектів планів-графіків розробляють проект зведеного плану ремонту обладнання по підприємству.

Підготовка ремонту включає:

- 1 Технічний огляд устаткування перед ремонтом;
- 2 Складання проектно-кошторисної документації для робіт підлягають виконанню;
- 3 Оформлення та видачі замовлень на проведення робіт;
- 4 Розробку графіка на проведення робіт;

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основним видом їх зносу колоною масообмінних апаратури є забивання колони відкладеннями і корозії її елементів. Царговіє колони розбираються повністю. Вантажопідйомний механізм встановлений вище колони, що дозволяє зняти всі царги по черзі. При неможливості встановлення вантажопідіймального механізму вище колони демонтаж починається з нижньої царги згідно зі схемою представленої на малюнку.

Підготовка колонного апарату до ремонту наступне: видалення робочого середовища з апарату, після, чого виробляють його пропарювання водяною парою, який витісняє залишилися в колоні пари газів, після пропарювання колону промивають водою. Промивання колони водою також сприяє швидшому її охолодженню, не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50 ° С. Пропарену і промиту колону від'єднують від всіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях. Установку кожної заглушки і подальше її зняття реєструють в спеціальному журналі.

Ремонт тарілок царгових колон проводиться після їх демонтажу. Тарілки в царгах ущільнюються за допомогою азбесту або шнурового фторопластового ущільнюючого матеріалу, при демонтажі тарілок азбест і ФУМ витягується за допомогою гаків і зубила. Ремонт тарілок пов'язаний з їх чищенням і заміною зношених елементів. Після установки тарілок в царгу перевіряється рівномірність паророзподілу, допускається деяка негоризонтального ковпачкових тарілок, так як основний вплив на роботу тарілки надає установка ковпачка.

Вельми відповідальна операція при складанні царгової колони є установка прокладок між дротяними поверхнями і кріплення царг болтами. Від сталості товщини прокладки по всій площі сполучення і від рівномірності затягування болтів фланцевих з'єднань залежить щільність з'єднань, а також вертикальне положення осі колони і горизонтальне положення тарілок.

Регулювання барботажних тарілок полягає в наступному: тарілку заливають водою так, щоб надмірна кількість води зливалася через зливний пристрій. Злив по всьому периметру повинен бути однаковим, тому передбачається можливість його регулювання. Після заповнення гідрозатворів зливні кишені під перевіряється тарілку компресором нагнітають повітря. Регулюючи ковпачки, по висоті домагаються однаковою мірою барботажа бульбашок повітря через шар води по всій поверхні.

Ремонт колони закінчують її випробуванням. При гідравлічному випробуванні колона заповнюється водою при відкритій воздушки, встановленої у верхній частині колони, поява води в воздушки свідчить про заповнення колони. Після закриття воздушки тиск в колоні повільно підвищується до контрольованої величини, при цьому тиску апарат витримується 5 хвилин, потім тиск скидається до робочого значення, при якому приступають до огляду корпусу, одночасно обстукати зварні шви молотком масою 0,5-1,5 кг.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5. Охорона праці [13,14]

Небезпечною зоною називають простір, в якому можлива дія на працівника небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Небезпечні зони виникають в області дії робочих органів технологічного обладнання (м'ясорубки, ріжучі, тістомісильні і інші машини), у ремінних, зубчастих і ланцюгових передачах, при експлуатації підйомно-транспортних машин і т. Д. Особлива небезпека створюється у випадках, коли можливе захоплення одягу або волосся працюючого рухомими частинами обладнання.

Наявність небезпечної зони може бути обумовлено небезпекою ураження електричним струмом; впливом теплових, електромагнітних випромінювань, шуму, вібрації, ультразвуку, шкідливих парів, газів і пилу.

При проектуванні і експлуатації технологічного обладнання передбачають застосування пристроїв, або виключають можливість контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку травматизму.

Для захисту від дії небезпечних факторів застосовують колективні та індивідуальні засоби захисту.

Засоби колективного захисту в залежності від призначення підрозділяють на наступні класи:

нормалізація повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць;

нормалізація освітлення виробничих приміщень і робочих місць;

засоби захисту від іонізуючих, інфрачервоних, ультрафіолетових, електромагнітних випромінювань;

засоби захисту від шуму, вібрації, ультразвуку, ураження електричним струмом, електростатичних зарядів, підвищених і знижених температур поверхонь обладнання, матеріалів, готової продукції, підвищених і знижених температур повітря робочої зони, впливу механічних, хімічних і біологічних факторів.

Все що застосовуються на підприємствах засоби колективного захисту за принципом дії можна розділити:

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

на огорожувальні;  
запобіжні;  
блокуючі;  
сигналізують;  
системи дистанційного керування машинами;  
спеціальні.

Загальними вимогами до засобів захисту є:

забезпечення оптимальних і безпечних умов праці робітників; високий ступінь захисту;

облік індивідуальних особливостей обладнання і технологічних процесів;  
зручність обслуговування машин і механізмів;  
дотримання вимог технічної естетики.

Огорожувальні засоби захисту застосовують для ізоляції систем приводу машини і небезпечних робочих зон машин. Огорожувальні пристрої ділять на стаціонарні, знімні і переносні. Стаціонарні огорожі встановлюються для ізоляції небезпечної зони обладнання та знімаються лише на час огляду, змащування і ремонту робочих органів. Такими огорожами є корпусу обладнання, суцільні кожухи, незнімні огороження передач.

Знімні огороження встановлюють на обладнанні в місцях, що вимагають періодичного доступу до небезпечних зон для здійснення проміжних технологічних операцій (завантаження і розміщення сировини в місильних машинах, куттерах і т. Д.). знімні огорожі блокують з робочими органами механізму або машини, забезпечуючи неможливість експлуатації обладнання при відкритих огорожах, тим самим запобігаючи нещасні випадки, якщо оператор спробує зняти огороження, яке не зупинивши попередньо обладнання.

Блокування, що встановлюються на технологічному обладнанні харчових підприємств, можуть бути механічні, електромеханічні і фотоелектричні.

Механічне блокування являє собою систему, що забезпечує зв'язок між огорожею і гальмівним (пусковим) пристроєм.

На рис. показана схема механічного блокування захисної решітки вальцьовий дробарки.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



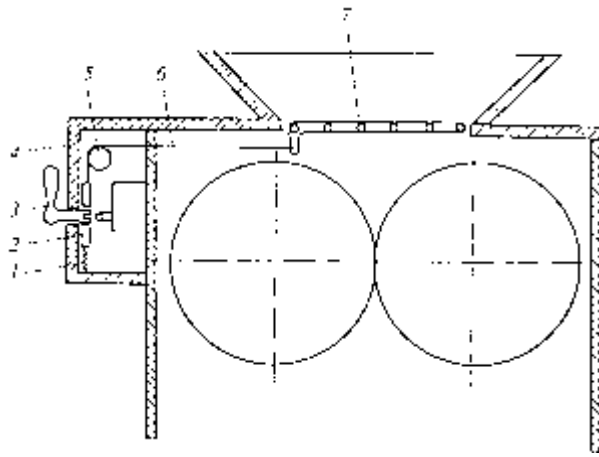


Рисунок 5.8 - Схема механічного блокування:

1 пружина; 2 - рухома скоба; 3 - вставною ключ; 4 - коробка; 5 - направляючий ролик; 6 - трос; 7 - решітка

Решітка з допомогою троса і направляючого ролика пов'язана з рухливою скобою, яка переміщається всередині коробки. При закритій решітці дробарки скоба під дією пружини займає таке положення, що отвори в ній і в коробці збігаються і в ці отвори можна вставити ключ для включення електродвигуна дробарки. Якщо решітка буде відкрита, то отвір в пересунувшись скобі не співпадатиме з отвором в коробці і, отже, дробарку можна буде включити.

На рис. показана схема електромеханічної блокування знімного огородження, застосовуваної для запобігання пуску механізму приводу машини при знятому огороженні.

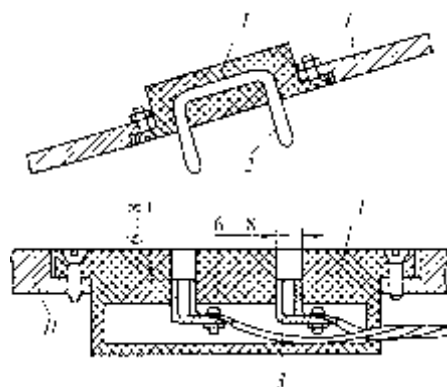


Рисунок 5.9 - Схема електромеханічної блокування: I - огороження; II - корпус машини; 1 - ізоляційна колодка; 2 - металева скоба; 3 - контакти

Огорожа забезпечено ізоляційної колодкою з вмонтованою в неї металевою скобою. Корпус машини забезпечений заглибленими в ізоляційної колодці контактами з приєднаними до них проводами. При установці огорожі на місце штирі скоби входять в заглиблення і замикають контакти електричного кола, забезпечуючи тим самим можливість пуску приводу машини. При знятому огороженні електричний ланцюг розімкнута і пуск приводу неможливий.

Блокування такого принципу дії знайшли широке застосування для захисту працівників, які обслуговують технологічне обладнання харчових підприємств (місильні машини, міксери, центрифуги і т. Д.).

Устаткування, на якому робочі органи за своїми технологічними функціями не можуть бути огорожені (гільйотинні ножі, струнно-ріжучі механізми, пуансон в штамп машині і т. П.), Оснащують фотоелектричної блокуванням.

Фотоелектрична блокування працює за принципом перетину променя, спрямованого на фотоелемент або фотоспротивление. Зміна світлового потоку, що падає на фотоелемент, перетворюється в електричний сигнал, який після підсилення подається на вимірювально-командне пристрій, який дає імпульс на включення виконавчого механізму захисного пристрою.

На рис. представлена схема фоторелейной блокування, яка встановлюється на штамп машині.

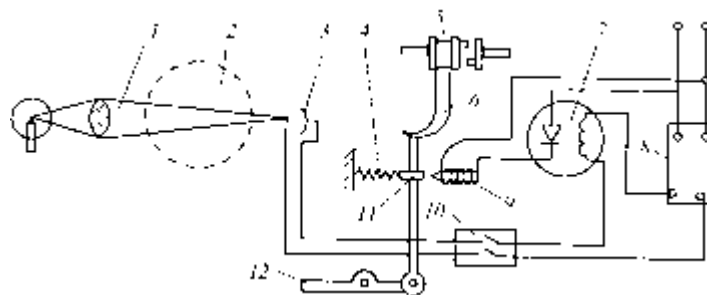


Рисунок 5.10 - Схема фотоелектричної блокування: 1 - промінь; 2 - небезпечна зона; 3 - фотоелемент; 4 - пружина; 5 - муфта; 6 - важіль; 7- реле; 8- випрямляч; 9- електромагніт; 10 контакти; 11 - стрижень; 12- педаль пуску

Небезпечна зона машини просвічується променем, що падає від лампи на фотоелемент, в ланцюзі якого знаходиться реле. У ланцюг через випрямляч включені контакти і електромагніт.

При перетині променя світла, т. Е. Під час перебування в небезпечній зоні рук робітника, фотореле спрацьовує, по обмотці електромагніту протікає струм, електромагніт відтягує стрижень, долаючи опір пружини, і підводить його під важіль, що включає муфту. Стрижень з'єднаний з педаллю пуску, яка при такому його положенні блокується, і робота машини припиняється.

На харчових підприємствах експлуатується велика кількість обладнання, що використовує як паливо природний газ. Мають місце випадки, коли при випадковому зменшенні тиску газу в мережі або тимчасове припинення його подачі відбувається відрив полум'я від пальника (згасання), а потім при надходженні газу топковий об'єм наповнюється газом і суміш газу з повітрям вибухає. Для виключення подібних випадків застосовують різні автоматичні пристрої.

Найпростішим типом такого пристрою є автоматичний кульовий клапан (рис.), Що встановлюється на газопроводі в безпосередній близькості до споживача (печі, сушарки та т. П.).

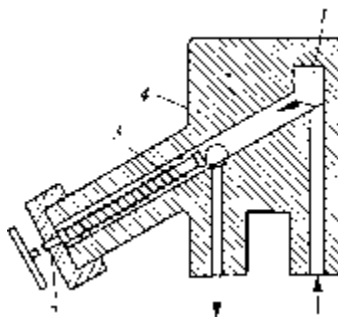


Рисунок 5.11 - Автоматичний кульовий клапан для газу: 1 - кулька; 2 - шпindelь; 3 - пружина; 4 - корпус

Під час роботи пальника кулька витає в потоці газу, що створює тиск. Якщо надходження газу припинилося або знизилася його тиск (напір газу ослаб), кулька скочується по похилому каналу вниз до вихідного отвору і щільно його закриває. При запаленні пальника необхідно змістити кулька шпинделем, звільнити отвір клапана.

Дистанційне керування виробництвом є найнадійнішим і ефективним засобом щодо забезпечення безпеки праці.

Автоматизація звільняє людину від безпосередньої участі в операціях з управління технологічним процесом, дозволяє здійснювати точно контрольовані високоінтенсивні процеси, що практично нездійсненно з використанням ручної праці.

Розрізняють часткову автоматизацію, коли управління процесом автоматизовано, а контроль і регулювання виконує людина, і повну, коли автоматизований весь процес, а людина тільки включає, вимикає, налаштовує автоматичну систему і спостерігає за її роботою. Вищою формою автоматизації є комплексна автоматизація, здійснена в масштабах всього цеху і підприємства.

Автоматична система включає наступні елементи: вимірювальні та реєструючі прилади для отримання інформації про хід та параметри технологічних процесів; перетворювачі, канали зв'язку, передавачі, приймачі для передачі інформації на відстань; обчислювальні, рахункові, керуючі машини для переробки та перетворення отриманої інформації; автоматичні регулятори, які впливають на хід технологічного процесу відповідно до отриманої інформації.

Автоматичні блокувальні пристрої, захисні пристосування, сигналізація, спрацьовує при будь-яких порушеннях режиму роботи, забезпечують практично повну безпеку праці, безаварійну експлуатацію обладнання. Автоматичне управління, регулювання та контроль дозволяють виключити безпосереднє зіткнення оператора з шкідливими і небезпечними чинниками виробничого середовища.

Слід мати на увазі, що в ряді випадків впровадження комплексної механізації та автоматизації призводить до різкого скорочення фізичного навантаження на людину і значного зростання нервового напруження. Тому виникає необхідність впровадження в практику організації праці рекомендацій по оптимальному поєднанню нервово-психічних, емоційних та енергетичних компонентів розумових і фізичних зусиль, високої продуктивності праці і її творчого характеру.

Чим менше небезпечних операцій в технологічному циклі, тим більше показник Кт.б. Якщо всі операції безпечні, то показник технічної безпеки складе 100%.

У порівнянні з обладнанням, при експлуатації якого передбачені деякі ручні операції, машини-автомати і автоматичні лінії мають значні переваги - у них показник технічної безпеки вище.

## Список літератури

1. Лашинський А.А., Толчинський А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури. Л., 1976.
2. Лашинський А.А. Конструювання зварних хімічних апаратів. Л., «Машинобудування», 1981.
3. Павлов К.Ф., Романків П.Г., Носков П.А. Приклади і задачі по курсу процесів і апаратів хімічної технології. К., «Хімія», 1987.
4. Ворогів А.П., Михайлівський Я.Е. Оптимізаційне проектування ректифікаційних колон з використанням ПЕОМ: Навчальний посібник. - Суми: Вид-во СумДУ, 2000. - 65 с.
5. Методичні рекомендації та контрольні завдання для самостійної роботи з курсу "Процеси та обладнання хімічних виробництв". Частина 2 Масообмінні процеси і обладнання / Упоряд. : А.П. Ворогів, Я.Е. Михайловський.- Суми: Вид-во СумДУ, 2002 - 55 с.
6. Машина та апарати хімічних виробництв. Приклади і задачі. За заг. ред. Соколова Л.М., 1982.
7. ГОСТ 14249-89. Судини і апарати. Норми і методи розрахунку на міцність. - М.: Державний комітет стандартів, 1989. - 33с.
8. Основні процеси та апарати хімічної технології.: Посібник з проектування / За ред. Ю.І.Дитнерського.- М.: Хімія, 1991.
9. Основні процеси та апарати хімічної технології: Посібник з проектування під ред. Дитнерський М. Хімія 1991-466с.
10. Загальні методичні вказівки до Виконання комплексного курсового проекту з дисциплін за професійним безпосередньо 0902 "Інженерна механіка" зі спеціальності 6.090220 "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" / Укладачі: С.М. Яхненко, С.І Якушко. - Суми: СумДУ, 2007. - 27 с.
11. Фарамаз С.А. Ремонт і монтаж обладнання хімічних і нафтопереробних заводів. 2-ге вид., Перероб.-М.: Хімія, 1980.-312 с.

12. Єрмаков В.І., Шеїн В.С. Ремонт і монтаж хімічного обладнання. Л., "Хімія", Ленінградське відділення, 1981
13. Долін П.А. Охорона праці в промисловості будівельних матеріалів та будівництва. М. Енергія 1980р.
14. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охорона праці в хімічній промисловості". М.: Хімія, 1977, - 568с.

					ПОХНП.Д.00.00.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		